

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 62-270820

(43)Date of publication of application : 25.11.1987

(51)Int.Cl. F16C 19/52  
G01H 17/00  
G01M 13/04

(21)Application number : 61-110632 (71)Applicant : NIPPON KOKAN KK  
<NKK>

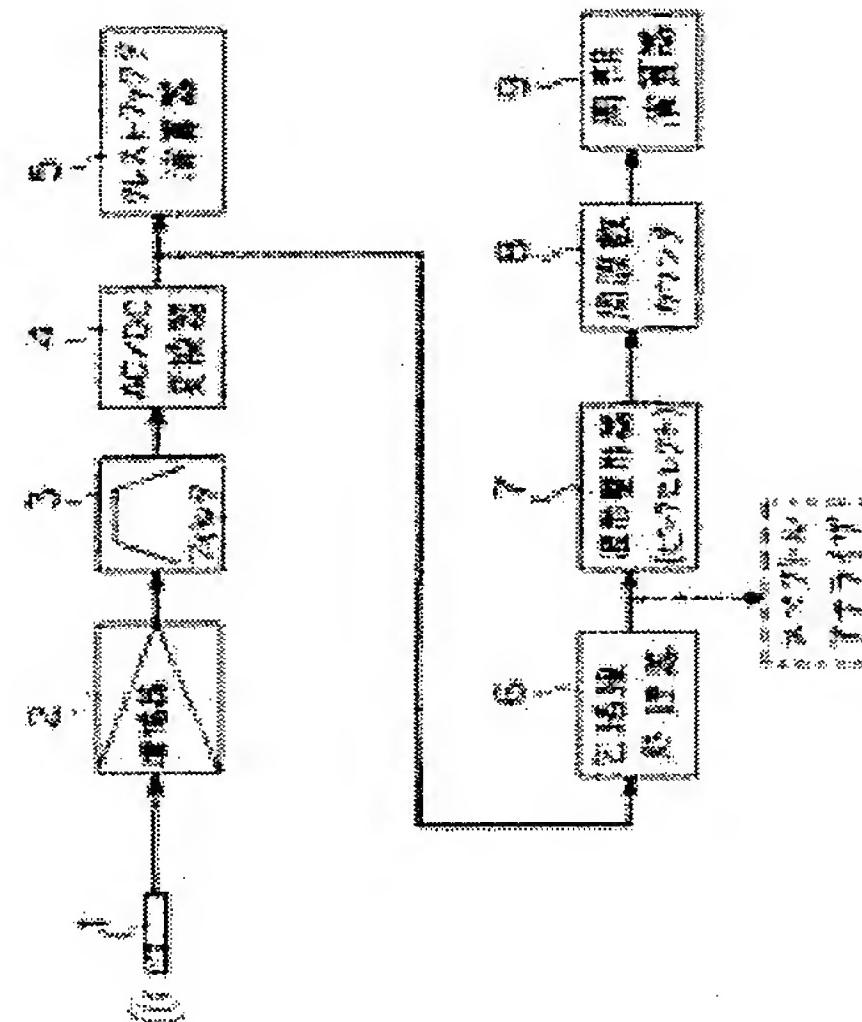
(22)Date of filing : 16.05.1986 (72)Inventor : ONUMA YOSHIHARU  
WATANABE AKITOSHI  
KAWAKAMI KAZUO

## (54) METHOD AND DEVICE FOR BEARING FAILURE DIAGNOSIS BY VIBRATORY SOUND

### (57)Abstract:

PURPOSE: To enable judgement if there is any failure in a bearing and where, only through measurement of vibration sound of a rotary machine, by determining frequency etc. from the vibration sound, comparing the frequency with the flaw appearing frequency etc. of bearing, and by judging where the bearing has the failure in question.

CONSTITUTION: Vibration sound emitted from a rotary machine is received by a microphone 1 and converted into electrical signal. This signal is passed to a crest factor calculator 5 via a signal amplifier 2, a filter 3 and an AC/DC converter 4, and there the wave height ratio is determined through sensing of the max. value in the signal components and the effective value, to know whether the bearing has any failure. The signal after absolute value treatment is passed to an envelope treatment device 6, wave shaper 7, frequency counter 8 and period calculator 9, and thus the period of vibration sound is sensed. This enables judgement whether there is failure in bearing and where, only by measuring vibration sound, which allows a wide range of equipment to be made in CBM in a shorter time.



## ⑰ 公開特許公報 (A)

昭62-270820

⑯ Int.CI.<sup>4</sup>F 16 C 19/52  
G 01 H 17/00  
G 01 M 13/04

識別記号

府内整理番号

7127-3J  
A-7517-2G  
6611-2G

⑯ 公開 昭和62年(1987)11月25日

審査請求 未請求 発明の数 2 (全9頁)

⑭ 発明の名称 振動音による軸受異常診断方法及びその装置

⑮ 特願 昭61-110632

⑯ 出願 昭61(1986)5月16日

⑰ 発明者 大沼義治 相模原市中央4-7-8

⑰ 発明者 渡辺了敏 川崎市中原区井田中ノ町291-1

⑰ 発明者 川上一男 横浜市鶴見区下末吉5丁目11

⑯ 出願人 日本钢管株式会社 東京都千代田区丸の内1丁目1番2号

⑯ 代理人 弁理士 吉原省三 外2名

## 明細書

1. 発明の名称 振動音による軸受異常診断方法及びその装置

## 2. 特許請求の範囲

1. 回転機械の軸受のコロ径、P C D、コロ数、接触角等の諸元と定速運転中の回転数を調べた上で、所定の計算式に基づいて予め保持器、外輪、内輪、ボール等の軸受各部の疵周波数又は疵周期を求めておき、次に上記回転数時点での回転機械の振動音から周期性のあるものを抽出してその周波数又は周期を求め、これらの周波数又は周期と、予め計算しておいた前記軸受各部の疵周波数又は疵周期とを比較して前記軸受のいずれの部分の異常かを判定することを特徴とする振動音による軸受異常診断方法。

2. 振動音を電気信号に変換するマイクと、該マイクにより変換された信号を増幅する信号増幅器と、該信号増幅器で増幅さ

れた信号から不要信号及び雑音を除去するフィルタと、該フィルタで処理された交流信号を絶対値処理して直流信号に変換する AC・DC 変換器と、該 AC・DC 変換器で絶対値処理された信号の成分中から最大値及び実効値を求めそれから波高率を算出して表示するクロストファクタ演算器と、前記 AC・DC 変換器で絶対値処理された信号を包絡線処理して高周波成分を除去する包絡線処理器と、該包絡線処理器で処理された信号を波形整形し、不要信号を除去すると共にそのピーク値を検出する波形整形器と、該波形整形器で検出されたピーク値をカウントし、周波数を求める周波数カウンタと、該周波数カウンタで求められた周波数から周期を演算し表示する周期演算器とを有することを特徴とする振動音による軸受異常診断装置。

## 3. 発明の詳細な説明

## 〔産業上の利用分野〕

この発明は、テーブルローラ等の回転機械の設備診断を効率良く行なうため、特にその軸受につき振動音から異常を診断する方法及びその装置に関するものである。

## 〔従来の技術〕

テーブルローラ等の回転機械は、稼動中に内輪、コロ(ボール)、外輪、保持器等の軸受構成部品に金属接触による焼付き疵、スケール等異物噛込みによる圧痕等ができることがある。このような疵の入った軸受は、稼動中の垂直及び水平方向の作用力の繰返しにより徐々にその疵の範囲及び深さが著しくなり、ついには軸受の破壊となる等重大事故を引き起こす。そのため Condition Based Maintenance 化の一環として、従来は回転機械の一つ一つにセンサを取り付け、これらの振動測定を実施して解析する方法により設備診断を行ない、上記事故の発生を未然に防ぐ努力がなされてきた。

を利用して回転機械の軸受異常を診断する方法及びその装置を提供せんとするものである。

## 〔問題点を解決するための手段〕

本発明者等は、設備稼動中に発生する振動を間接的に測定することができる因子として、該振動から派生する振動音に着目し、これを解析して軸受の異常を診断する方法を検討した。その結果、本発明法を創案し、単に軸受の異常を診断できるだけでなく、軸受のどの部分に異常があるかまでも診断できることになつた。

以下本発明法について詳細に説明する。

回転機械の保持器、外輪、内輪、ボール等の軸受各部に疵が発生した場合に、これらの各部に固有な疵周波数乃至疵周期は、所定の計算式により求め求めることができる。この計算に必要な基本値としては、コロ径、P C D、コロ数、接触角等の軸受諸元と、定速運転中の回転機械の回転数であり、これらを調べた上で下記計算式により軸受各部の疵周波数又

## 〔発明が解決しようとする問題点〕

- ・しかし、従来の設備診断方法では、
- ①稼動中の設備にセンサを取り付けることは非常に危険であつて禁止されており、そのため稼動中には振動測定を行なうことができない。
- ②従つて、修理日等を利用し、設備停止中にセンサを設置後、設備を運転して測定することを繰返さなければならず、準備して測定するまでに時間を要している、等の問題があつた。

これらの問題を解決する方法として、各ポイントにセンサを予め取付けておき、これらをコンピュータに接続して常時監視する技術が既に実施されているが、コスト的に高くつき、総合的に判断するとメリットが少ない。

このような理由から、簡便な操作で稼動中に測定ができ、且つコスト的に安価に設備診断を行なえる技術の開発が望まれていた。そのため本発明は設備稼動中に発生する振動音

は疵周期を求めておく。

(a) 回転周波数( $f_r$ )

$$f_r = \frac{N(\text{rpm})}{60} (\text{Hz})$$

(f) 回転周期( $T_r$ )

$$T_r = \frac{1}{f_r} \times 1000 (\text{ms})$$

(b) 保持器疵周波数( $f_c$ )

$$f_c = \frac{f_r}{2} \cdot [1 - \frac{d}{D} \cdot \cos(Q)] (\text{Hz})$$

(f) 保持器疵周期( $T_c$ )

$$T_c = \frac{1}{f_c} \times 1000 (\text{ms})$$

(c) 外輪疵周波数( $f_o$ )

$$f_o = f_c \cdot Z (\text{Hz})$$

(f) 外輪疵周期( $T_o$ )

$$T_o = \frac{1}{f_o} \times 1000 (\text{ms})$$

(d) 内輪疵周波数( $f_i$ )

$$f_i = \frac{f_r}{2} \cdot [1 + \frac{d}{D} \cdot \cos(Q)] (\text{Hz})$$

(f) 内輪疵周期( $T_i$ )

$$T_i = \frac{1}{f_i} \times 1000 (\text{ms})$$

(e) ボール疵周波数( $f_b$ )

$$f_b = \frac{f_r}{2} \cdot \frac{D}{d} \cdot [1 - (d/D)^2 \cdot \cos^2(Q)] (\text{Hz})$$

(f) ボール疵周期( $T_b$ )

$$T_b = \frac{1}{f_b} \times 1000 (\text{ms})$$

N : 回転数 d : コロ径 D : P C D  
Q : 接触角 Z : コロ数

次に定速運転中の前記回転数時点での回転機械の振動音をキャッチし、該振動音から周期性のあるものを抽出してその周波数又は周期を求める。この振動音を処理し、周波数又は周期を求める場合は、振動音を電気信号に変換し、電気的処理を行なつて求めると良い。

このようにして求められた振動音の周波数又は周期と、予め計算しておいた前記軸受各部の疵周波数又は疵周期を比較し、一致乃至は近似する値があるか否かを調べる。この時、軸受各部のいずれかの疵周波数又は疵周期に、振動音の周波数又は周期が一致したり或は近似する場合は、その部分に異常が発生していることがわかる。

又、第2発明としては、振動音を電気信号に変換し、その信号を電気的に処理して振動音の周期を求める装置を提供するものである。

即ち、本発明装置は、第1図に示すように

前記信号増幅器(2)は、マイク(1)にて電気信号に変換された信号レベルは微弱であり、これを増幅するために設けられた装置である。

前記フィルタ(3)は、増幅された信号成分中には不要な成分(うねりや高周波成分)が含まれているので、このような不要信号及び雑音を除去し、目的とする周波数の成分のみを取り出すために設けられた装置である。

前記AC・DC変換器(4)は、マイク(1)にて電気信号に変換された振動音の信号は、交流信号であるので、この信号を絶対値処理して正側のみの信号、即ち直流信号に変換するために設けられた装置である。

前記クレストファクタ演算器(5)は、信号成分中の最大値及び実効値を検出し、これら最大値及び実効値より波高率(Crest Factor;  $\frac{\text{最大値}}{\text{実効値}}$ )を求めてベアリングの異常状態を知る装置である。

前記包絡線処理器(6)は、絶対値処理した信号成分中には目的とする周波数より高い成分

マイク(1)と、該マイク(1)に連結した信号増幅器(2)と、該信号増幅器(2)に連結したフィルタ(3)と、該フィルタ(3)に連結したAC・DC変換器(4)と、該AC・DC変換器(4)に連結するクレストファクタ演算器(5)と、同じく前記AC・DC変換器(4)に接続した包絡線処理器(6)と、該包絡線処理器(6)に接続した波形整形器(7)と、該波形整形器(7)に接続する周波数カウンタ(8)と、該周波数カウンタ(8)に接続した周期演算器(9)とを有している。

上記本装置の構成の概要は、マイク(1)からAC・DC変換器(4)までの入力信号処理系統と、該AC・DC変換器(4)から二つに枝分かれし、クレストファクタ演算器(5)につながる軸受異常状態の検出のための異常検出系統と、包絡線処理器(6)につながり、周期演算器(9)に至る軸受異常発生箇所の特定のための異常箇所特定系統とから構成される。

そのうち、前記マイク(1)は、回転機械から発せられる振動音をキャッチし、これを電気信号に変換するものである。

(高周波成分)が依然含まれており、包絡線処理をしてこの高周波成分を除去するために設けられた装置である。

前記波形整形器(7)は、周期の演算精度を高めるために、これまでの信号処理によつてほぼ目的とするものとなつた信号から更に不要信号を除去して信号波形を整えると共に、ピーク値をピックアップする装置である。

前記周波数カウンタ(8)は、波形整形器(7)で得られたピーク値をカウントし、周波数を求める装置である。

前記周期演算器(9)は、得られた周波数から周期を演算し表示するものである。

尚、上記のように波形整形器(7)から周期演算器(9)までの装置を備えて振動音の周期を検出する操作を行なわず、前記包絡線処理器(6)で包絡線処理された信号の振幅スペクトルをスペクトルアナライザにより表示し、そこに現われた主スペクトルの周波数を求めるようになり、或は上記操作による周期の検出と

共に、前記スペクトルアナライザで表示された振幅スペクトルを基に主スペクトルの周波数の検出を行なつても良い。

#### [実施例]

以下本発明の具体的実施例につき詳述する。

第2図は第2発明に係る軸受異常診断装置の一実施例を示すプロツク図であり、本装置はマイク①と、信号増幅器②と、フィルタ③と、AC-DC変換器④と、クレストファクタ演算器⑤と、包絡線処理器⑥と、波形整形器⑦と、周波数カウンタ⑧と、周期演算器⑨とを有している。

そのうち、マイク①は200Hz～10kHzの範囲の音をキャッチする狭指向性のマイクである。

このマイク①によってキャッチされ電気信号に変換された振動音は次の信号増幅器②で増幅され、所定の信号レベルにされる。信号の増幅度は信号増幅器②の利得切換⑩や、該信号増幅器②の出力側及び後述するフィルタ

ズ)を除去し、第3図(c)に示すような波形イメージを得る。このような両済波器(31)(32)の遮断周波数を適当に選ぶことにより目的とする周波数の成分のみを取り出すことができる。

フィルタ処理された信号は、次にAC-DC変換器(40)に流れる。該AC-DC変換器(40)は整流器(Rectifier)が用いられ、マイク①により変換された振動音の交流信号を絶対値処理して第3図(d)に示すような直流信号に変換する。

更に、クレストファクタ演算器(50)は、絶対値処理された信号から信号成分中の最大値及び実効値を求め、更に、両値から波高率を演算して表示するものであり、第3図(e)に示す信号成分中の最大値を求める正側瞬時値保持器(Peak hold)(51)と、同図(f)に示す信号成分中の実効値を求める実効値演算器(RMS)(52)と、これらの値から波高率を演算するアナログの割算器(53)と、メータドライバ

⑩の出力側からスルースイッチ⑪を介してファードバックし、信号増幅器②入力側に連絡するA.G.C(Auto Gain Control)⑫により調整する。この信号増幅器②出力側の信号は第3図(a)に示すような波形イメージとなるが、信号にまだうねりとノイズが含まれた状態である。尚、⑬はスペクトルアナライザ用出力端子である。

この信号増幅器②により増幅された信号は次にフィルタ③により処理される。該フィルタ③は高域通過済波器(High pass filter)(31)と、低域通過済波器(Low pass filter)(32)とから構成されている。そのうち、高域通過済波器(31)は、上述のように信号増幅器②で増幅された信号に含まれるうねりとノイズという不要な成分のうち、低域の不要成分、即ちうねりを除去するものである。この段階では第3図(b)に示すようにうねりが除去された波形イメージになる。そして次の低域通過済波器(32)では、高周波の不要成分(ノイ

イバ)(54)を介して上記演算結果を表示する電圧計(55)とからなる。本実施例では割算器(53)で波高率を演算する際、最大値を1/5倍することにより、求められた波高率が1より大きいか小かにより軸受の異常状態を知る目安としている。尚、上記電圧計(55)は波高率を演算する前記割算器(53)側、バッテリ(102)側及び入力側の3方向に切替えることのできるメータ切替スイッチ(100)につなげられており、バッテリ(102)側に切替えられた場合、スイッチ(101)を介してバッテリ(102)に接続し、バッテリチエックを行なうことができる。又、電圧計(55)がメータ切替スイッチ(100)により入力側に切替えられた場合、メータドライバ(103)を介して信号増幅器の出力側及びA.G.C⑫に接続し、信号入力レベルを表示することが可能となる。

一方、クレストファクタ演算器(50)による軸受異常状態の検出系統とは別に、AC-DC変換器(40)で処理された信号は別途包絡線処

理器(60)に送られ、それ以下の系統で軸受異常発生箇所の特定のために信号の周波数乃至周期の演算処理を行なう。該包絡線処理器(60)は絶対値処理された信号成分中に依然含まれている高周波成分を除去するものであり、その出側出力は第3図(g)に示すような波形イメージとなる。尚、本実施例では包絡線処理器(60)の出力側にスペクトルアナライザ(61)用出力端子(62)が設けられており、該スペクトルアナライザ(61)を取付けることにより包絡線処理された振動音の振幅スペクトルを表示することができるようになっている。

これまでの信号処理によりほぼ目的とする信号となるが、信号周期の演算精度を高めるため、波形整形器(70)により更に信号波形を整えると共に、ピーク値をピックアップする。本実施例では該波形整形器(70)の出力側に発光ダイオード(LED)(71)がつなげられており、波形整形器(70)により第3図(h)のような波形イメージとなつた信号のピーク時に、

次に、上記装置を用いる軸受異常判定方法について説明する。

まず、被測定対象となる回転機械の軸受のコロ径、PCD、コロ数、接触角等の諸元と、その回転機械の定速運転中の回転数を調べ、これらの基本値をもとに、上述した軸受についての計算式によりこれら軸受各部の純周波数及び純周期を計算しておく。

次に、本装置を用いて第4図に示すように現場で回転機械の各ロール(200)軸方向にマイク $\alpha$ を向け、予め調べておいた回転数になつた時、クロストファクタ演算器(50)の電圧計(55)が1以上になる点を探し、前記周期演算器(90)の周期頻度表示器(92)(94)の表示を見る。周期頻度表示器(92)(94)の数値表示がバラついている場合は、マイク $\alpha$ を横方向に移動して測定方向を変えながら上記手順を繰り返す。反対に周期頻度表示器(92)(94)がある数値を表示していれば、マイク $\alpha$ を向けた方向の軸受(201)の振動音に周期性があることを

前記発光ダイオード(71)を発光させる。この発光タイミングにより周期性があるか否か一応の目安となる。

更に、周波数カウンタ(80)により第3図(i)に示すようにピーク値を $t_1, t_2, t_3 \dots$ とカウントし、周波数を求める。この際、クロックパルス発生器(81)により10kHzのクロックパルスを発生して、周波数カウンタ(80)に基準周波数として送りピーク値をカウントする。

このようにしてカウントされた周波数は、次の周期演算器(90)に送り、周期に変換し直されるが、該周期演算器(90)はサンプリング周期1秒で信号の周期演算を行なう瞬時値周期演算器(91)及びその結果をデジタル表示する瞬時値周期頻度表示器(92)と、サンプリング周期10秒で信号の周期演算を行なう平均値周期演算器(93)及びその結果を同じくデジタル表示する平均値周期頻度表示器(94)とから構成される。

示しており、以下の手順に従つて異常軸受(201)を探す。

即ち、周期頻度表示器(92)(94)の数値と軸受(201)についての計算結果を比較する。その結果、もし一致乃至近似するものがあれば、更に次の手順で異常部位を探す。

まず、マイク $\alpha$ を首振り操作しながら異常部位を絞り込む。例えば第5図において、ロールBの軸受(201)に異常があるとする。マイク $\alpha$ を首振り操作してI, II, III位置に移動しても、周期頻度表示器(92)(94)の数値は変わらないが、ロールC部で同様のことを行なうと、マイク $\alpha$ をIの状態にした時に周期頻度表示器(92)(94)の数値がバラついてわからなくなる。従つてマイク $\alpha$ の首振り操作を行ない、周期頻度表示器(92)(94)の数値が変わらない所が異常部位であるということになる。

尚、マイク $\alpha$ の首振り操作を行なうことで、発光ダイオード(71)の発光状況によつても、ある程度異常部位の判定も可能である。又、

判定精度を高めたい場合はフィルタの周波数を適度に調整すれば良い。更に上記の手順で異常部位を判定しにくい時は、スペクトルアナライザ(61)で振幅スペクトルを確認すると良い。もし軸受に異常があれば、時系列的なスペクトルとなるのですぐに判る。

本発明者等は、以上の装置を用い、上記操作手順に従つて、高炉建屋集塵プロワの軸受につき調査してみた。

該プロワの軸受のコロ径(d)、P C D(D)、コロ数(Z)、接触角(Q)等の諸元は、表-1に示す通りである。

表-1

d (mm)	D (mm)	Z (個)	Q (度)
31.50	225.00	19	13°30'

又、プロワの定速運転中の回転数は 954 rpm であつた。更に、上述の計算式により保持器、外輪、内輪、ポールの軸受各部の疵周波数及び疵周期を計算し、その結果は表-2

器(92)(94)で表示される値がデータとして残らないので、代わりにスペクトルアナライザ(61)に表示された振幅スペクトルを第8図に示す。このスペクトル表示では 130 Hz の主スペクトルがみられ、この高次成分(260, 390, 520 Hz)が時系列的に並んでいる。又、この信号の波形整形後の信号波形は第9図に示すようになり、その周期はほぼ 7.6 ms 前後であることがわかる。

これらと表-2に示された軸受各部の疵周波数及び疵周期とを比較すると、外輪疵周波数及び疵周期と一致する。この時の周期頻度表示器(92)(94)の表示値も 7.6 ms であり外輪疵周期とほぼ一致している。

後日、オーバホールを行なつた結果、やはり外輪に疵があり不良であつた。

#### [発明の効果]

以上詳述したように、本発明法及び装置によれば、振動音を測定するだけで、測定と同時に軸受異常の有無及び異常発生箇所が判定

に示す通りである。

表-2

	回転成分	保持器疵	外輪疵
周波数	15.9 Hz	6.9 Hz	130.5 Hz
周期	62.9 ms	145.6 ms	7.7 ms

内輪疵	ポール疵
171.6 Hz	111.5 Hz
5.8 ms	9.0 ms

次に、本装置により現場にて前記プロワの軸方向にマイクを向け、回転数が 954 rpm になつた時点で、上記手順に従つて軸受異常箇所の判定を行なつた。

この時、マイクでとらえた振動音の生波形は第6図に示すものであり、又、該信号をフィルタ処理をし、絶対値処理して正側瞬時値保持した結果得られた信号波形は第7図に示すものとなつた。

本装置では周期演算器(90)の周期頻度表示

でき、よつて短時間で多くの設備の CBM 化が図れるという優れた効果を有している。又、被測定物にセンサを取付ける必要がなく、稼動中の設備でもそのまま測定できるので安全性も向上する。

#### 4 図面の簡単な説明

第1図は第2発明装置の構成を示すブロック図、第2図は第2発明装置の一実施例を示すブロック図、第3図(a)～(i)は本実施例装置の各部における信号波形例を示す波形イメージ図、第4図は本実施例装置を用いて本発明の異常診断方法を実施する場合の手順を示す説明図、第5図は同じく本発明方法の実施手順を示す説明図、第6図は本実施例で測定した振動音の生波形を示すオシログラフ図、第7図はフィルタ処理、絶対値処理、正側瞬時値保持した結果得られた信号波形を示すオシログラフ図、第8図は包絡線処理後スペクトルアナライザに表示された振幅スペクトルを示すグラ

フ図、第9図は波形整形後の波形イメージを示すオシログラフ図である。

図中、(1) (10) はマイク、(2) (20) は信号増幅器、(3) (30) はフィルタ、(4) (40) はAC・DC変換器、(5) (50) はクレストファクタ演算器、(6) (60) は包絡線処理器、(7) (70) は波形整形器、(8) (80) は周波数カウンタ、(9) (90) は周期演算器を各示す。

特許出願人 日本鋼管株式会社

発明者 大沼義治

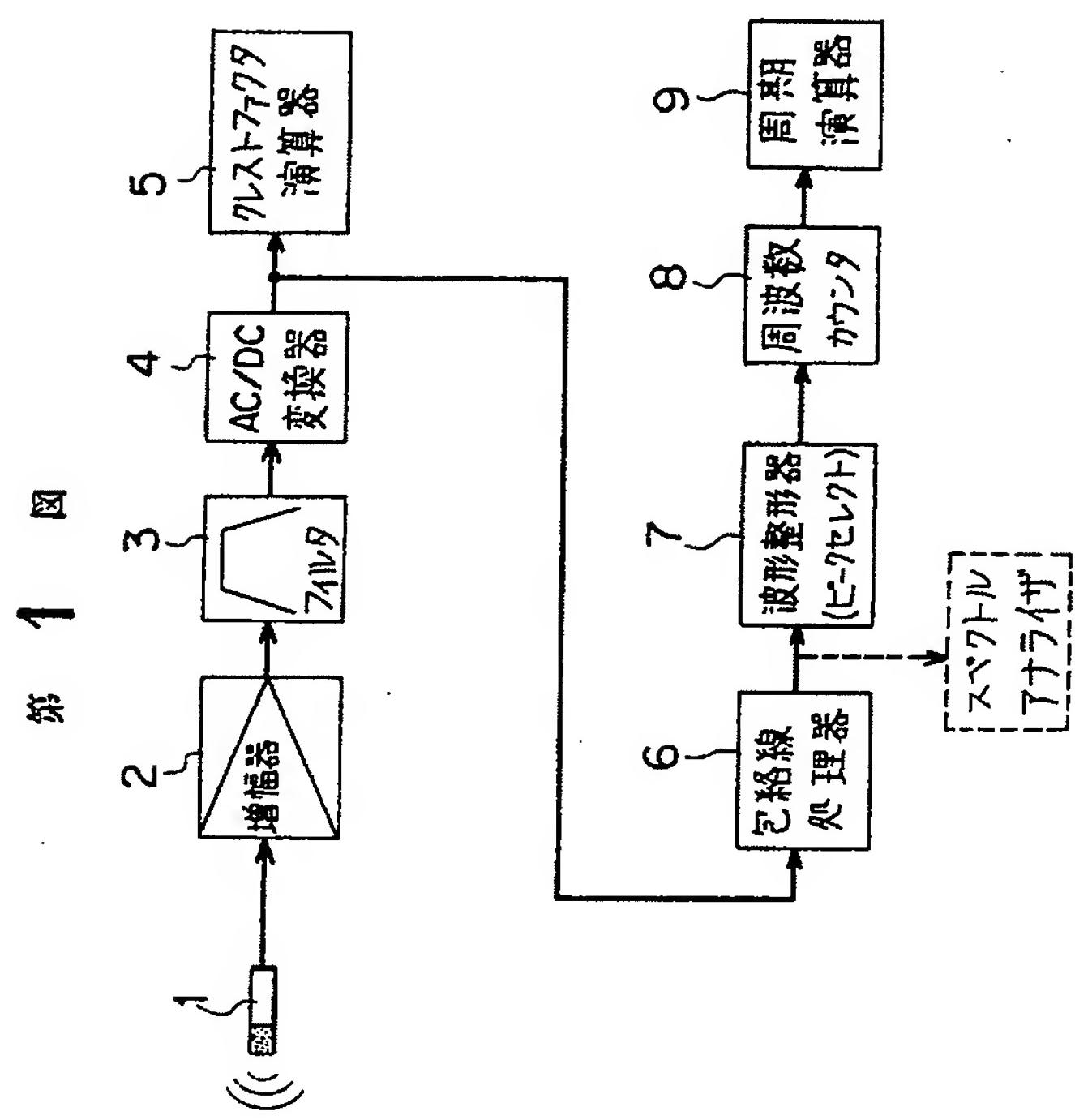
同 渡辺了敏

同 川上一男

代理人弁理士 吉原省三

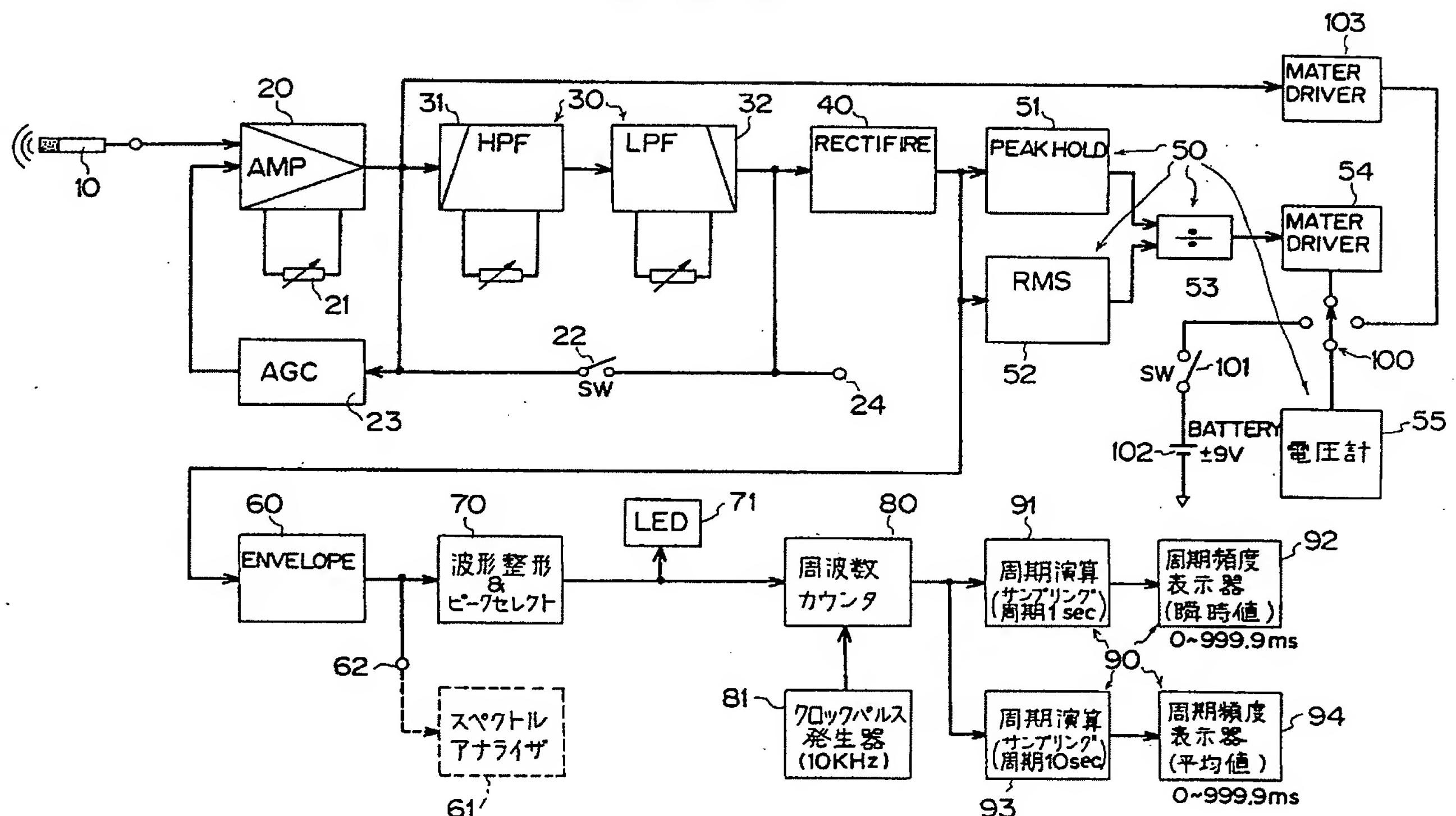
同 同 苗地正敏

同 弁護士 吉原弘子

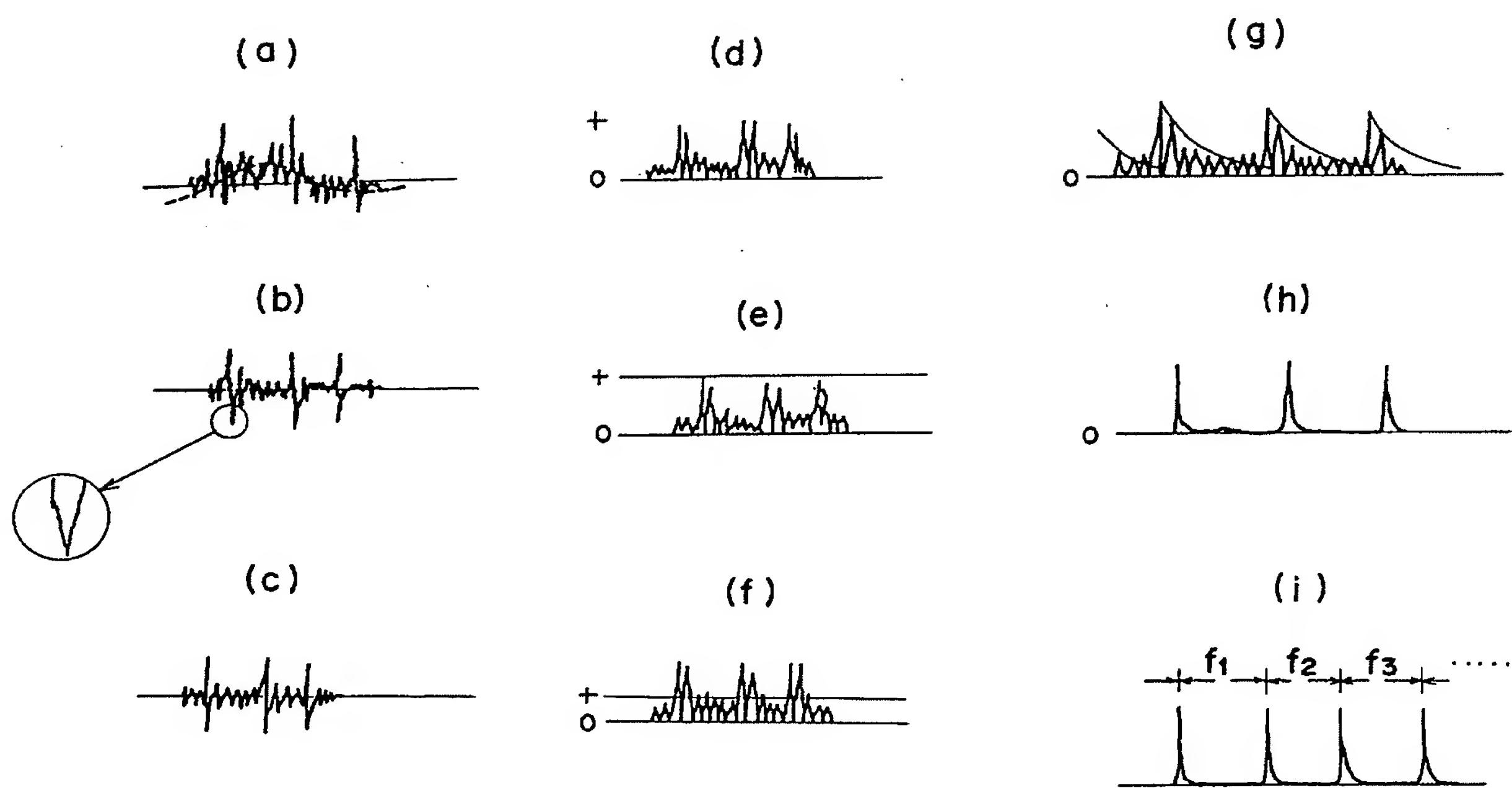


第1図

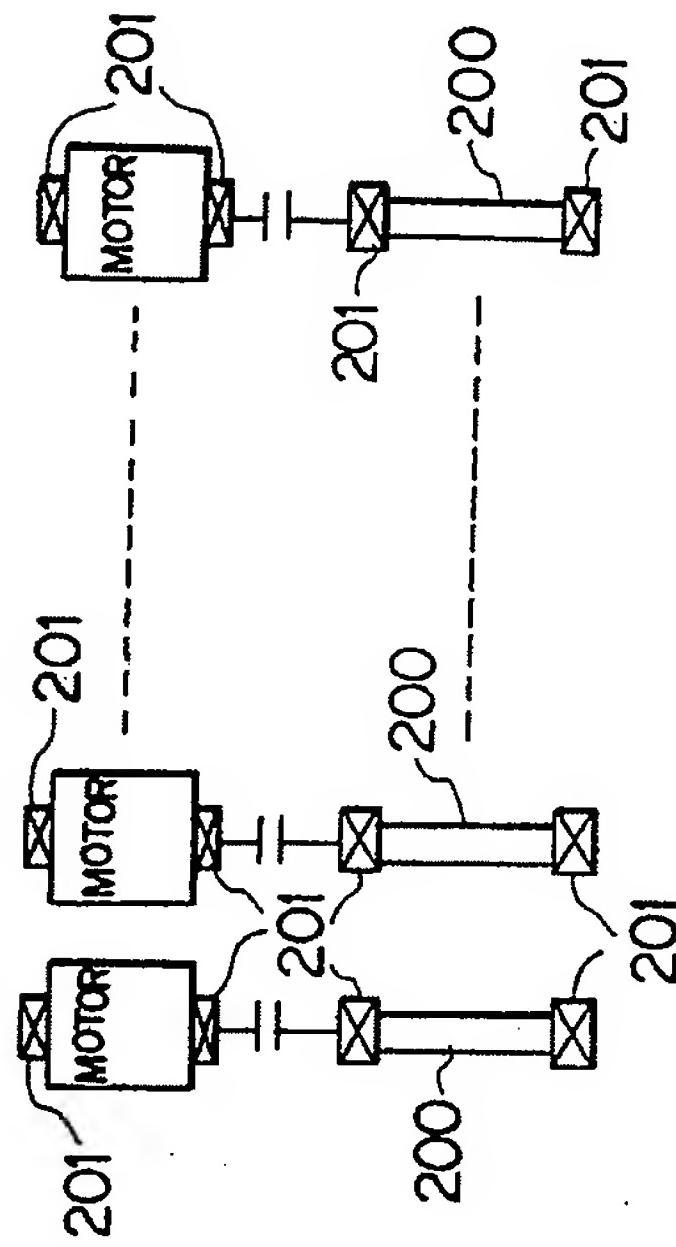
第2図



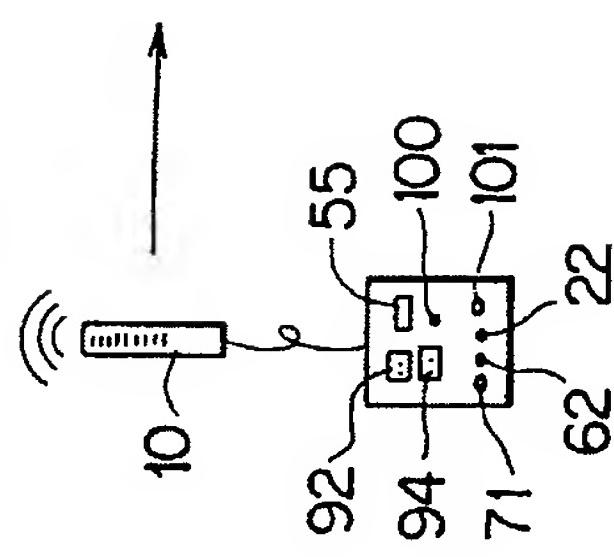
### 第 3 圖



圖四



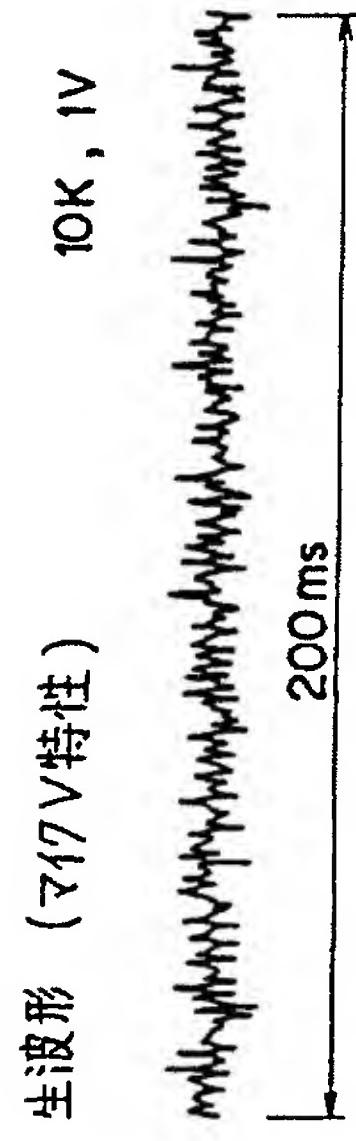
5



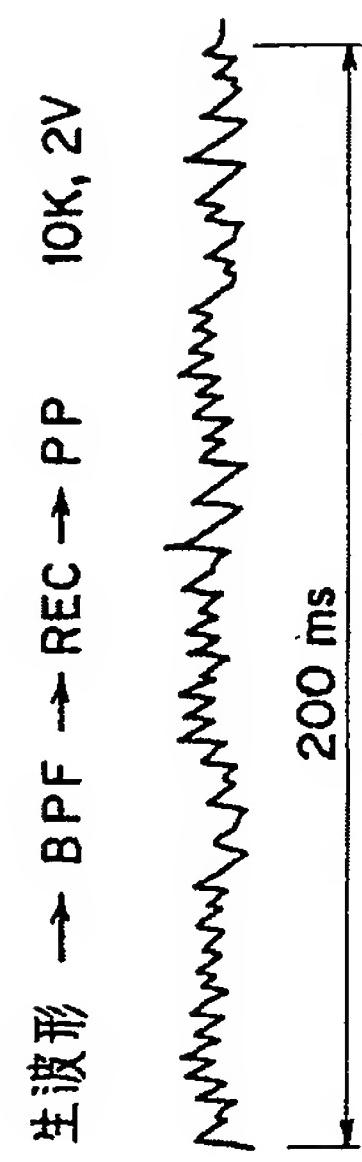
The diagram illustrates a three-step assembly process:

- Step A:** Two cylindrical components (200) are shown, each with two ports (201).
- Step B:** A central cylindrical component (200) with two ports (201) and a circular feature (C) is added between the two components from Step A.
- Step III:** The central cylinder is secured to the outer cylinders, and a rectangular component (10) is attached to the top of the central cylinder.

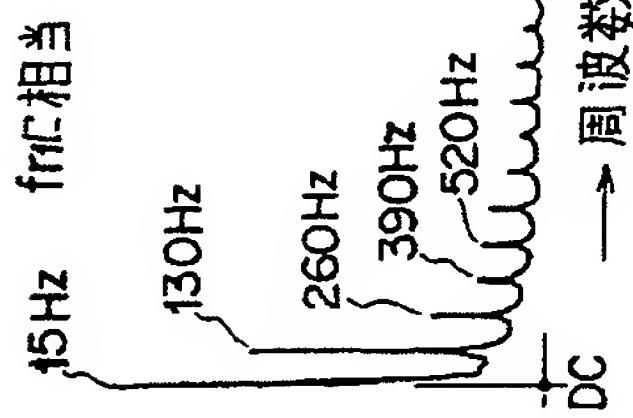
第 6 図



第 7 図



第 8 図



第 9 図

